

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

Rafael Grazioli

DIFERENTES PROTOCOLOS DE *SPRINT* NÃO INDUZEM DANO
MUSCULAR E NÃO ALTERAM O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR

PORTO ALEGRE

2017

Rafael Grazioli

DIFERENTES PROTOCOLOS DE *SPRINT* NÃO INDUZEM DANO
MUSCULAR E NÃO ALTERAM O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR

Monografia apresentada à Escola de
Educação Física, Fisioterapia e Dança da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
como pré-requisito para obtenção do grau
de licenciado em Educação Física.

Orientador: Professor Dr. Eduardo da Lusa Cadore

PORTO ALEGRE

2017

Rafael Grazioli

DIFERENTES PROTOCOLOS DE *SPRINT* NÃO INDUZEM DANO
MUSCULAR E NÃO ALTERAM O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR

Conceito Final:

Aprovado em _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Avaliador: Professor Dr. Ronei Silveira Pinto

Orientador: Professor Dr. Eduardo da Lusa Cadore

AGRADECIMENTOS

Obstáculos são inerentes a períodos. Normalmente estamos aptos a suposições de magnitude, no entanto, o fenômeno da vida nos submete a maravilhosas ocasiões que jamais tivemos a condição de supor. Também nos submete a momentos devastadores. O decorrer deste trabalho esteve concomitante às piores horas da minha vida. O Assassinato covarde e banal do homem que me proporcionou a vida. Mais um dado da insegurança e desumanidade humana.

Dedico este trabalho a minha família e, portanto, ao homem que vibraria e se emocionaria com este momento junto a mim: **meu pai Carlos A. Grazioli** e a mulher que abdicou de parte da sua vida para este momento, junto comigo: **minha mãe Jaira B. Fraga**. Agradeço ao **povo brasileiro** pelo custeio dos meus estudos, é realmente um privilégio poder estudar em uma das melhores universidades do país de modo gratuito. Agradeço à **Universidade Federal do Rio Grande do Sul** e, neste sentido, à **Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança** pela acolhida e recursos. Além de prestar agradecimento a todos os **servidores** desta instituição pela dedicação diária.

Agradeço ao **Laboratório de Pesquisa do Exercício** e aos seus incríveis **servidores e professores** pela confiança e disponibilidade dos equipamentos de pesquisa. Neste viés, agradeço pela **remuneração de avaliação em dinamometria isocinética**, a qual me proporcionou muito aprendizado. Máximo agradecimento ao **condomínio Belvedere**, aos alunos **Altemir, Lucas, Tamara, Pedro, Rosane e Guilherme** e aos alunos **Vicente, Diego, Marcia e Bento**, pois a gratificação de promover saúde não pode ser mensurada. Agradeço ao colega e amigo **Jeferson Ramos** pela indicação e crença, ao professor **Martinho Inácio** pela credibilidade e confiança e ao **Esporte Clube Cruzeiro/RS** e seus dirigentes pela oportunidade, seriedade e profissionalismo impecável, realmente um clube da elite do futebol gaúcho. Empenho imenso agradecimento aos professores **Eduardo Lusa Cadore e Ronei Silveira Pinto**, grandes mestres e amigos, os quais direcionaram minha formação e despertaram-me o apreço pela investigação científica. Especialmente ao meu orientador, **Eduardo**, agradeço por acreditar na minha

condição de trabalho, agradeço pelas incansáveis instruções, conversas, construções e, sobretudo, pelo abraço condolente e essencial no momento mais crítico deste projeto. Em seus nomes, agradeço **meus colegas de grupo de pesquisa em treinamento de força**, os quais me proporcionaram imenso aprendizado desde o primeiro contato, bem como bons momentos de café e sorrisos, em especial aos colaboradores deste trabalho **Pedro Lopez e Carlos Machado** e aos companheiros diários **Regis, Felipe, Cintia, Clarissa, Ju, Luci e Lari**, sem os quais nada seria possível, grandes amigos. Agradeço **aos demais colaboradores** desta investigação pela dedicação.

Por fim e com valor imensurável, agradeço **minha família** e as pessoas mais importantes da minha vida pelo apoio financeiro, pleno amor e companhia diária: **Jaira**, minha guerreira. **Tauane**, meu amor e **toda sua pequena e grande família**. **Bella**, minha princesa. **Ana** e **Nargi** minhas rainhas. **Meus dindos e dindas**, em especial aqueles que sempre me incentivaram na busca pelo curso superior, inclusive com o custeio do meu deslocamento, além de muitos aprendizados e suportes durante toda minha vida, **Rogério Moraes e Sirlei Moraes**, também agradeço meus **primos amados**, sobretudo **Jéssica, Júnior e Adriano, tios e toda minha família**. Meus irmãos **Braian, Thomas, William, Leonardo, Bernardo e suas famílias**. E ao **Hank**, que mesmo sem palavras me despendeu bons momentos de carinho.

Em memória de meu pai:

“Não se mede a coragem de um homem pela força, mas pela fé e pelo amor que ele tem no coração.”

Carlos Alberto Grazioli (2016) – Bilhete junto de uma foto com seu filho.

RESUMO

O treinamento de velocidade (*sprint*) é difundido em diversas modalidades esportivas e amplamente utilizado visando adaptações importantes no desempenho. A compreensão do tempo de recuperação em resposta a diferentes métodos de treino de velocidade torna-se instrumento importante na organização e otimização do treinamento na rotina esportiva. Este estudo objetivou investigar a curva de recuperação funcional (taxa de produção de torque, pico de torque e altura de saltos), sistêmica e localizada (dano muscular avaliado de forma sistêmica, pela concentração de creatina quinase sanguínea, e de forma localizada, por *echo intensity* de imagens ultrassonográficas) induzida por protocolos de treinamento de *sprint*. Avaliações foram realizadas pré, imediatamente, 24h, 48h e 72h após a sessão. A amostra foram atletas universitários há pelo menos um ano com alto nível de treinamento. Os sujeitos foram randomizadamente alocados em dois grupos: linha reta (GLR) e troca de direção (GTD). Os protocolos foram constituídos por repetições de 20 metros em linha reta (GLR) ou com duas trocas de direção para direita (GTD). Não foram observadas alterações significantes em nenhum dos momentos avaliados para ambos os grupos ($p>0,05$). Portanto, este estudo sugere que o treinamento de velocidade com volume moderado (1x15 de 20m), tanto em linha reta quanto com trocas de direção, o qual é suficiente para promover adaptações neuromusculares de acordo com a literatura, parece não induzir prejuízos neuromusculares bem como dano muscular durante 72h pós-exercício.

ABSTRACT

Sprint training is widely used in different sports modalities. Understanding the time course of functional and structural recovery in response to different methods of sprint training is important for optimizing neuromuscular gains and organizing global training programs in sports. This study aimed to investigate functional (rate of torque development, peak torque, squat jump and countermovement jump), systemic and muscle imaging recovery (creatine kinase and quadriceps and hamstrings muscle ultrasonographic echo intensity) in response to sprint protocols with and without change in direction. Data were collected pre-, immediately post, and 24, 48 and 72 hours post-exercise. The subjects were well-trained male collegiate athletes of different modalities randomly allocated into a straight-line group (SLG) or a change of direction group (CODG). The sprint protocols were 20-meter sprint bouts in line (SLG) or with two changes in direction in each repetition (CODG). There were no significant changes in all the neuromuscular variables assessed or in echo intensity and creatine kinase immediately post or 24, 48 and, 72 hours following both sprint protocols ($p>0.05$). Therefore, the present study suggests that sprint training with moderate volume (1x15 for 20 m) in a straight line or with change of direction did not appear to induce neuromuscular performance impairment or muscle damage during a 72-h period post-exercise.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. POPULAÇÃO E AMOSTRA	14
3.2. VARIÁVEIS	16
3.2.1. INDEPENDENTES.....	16
3.2.2. DEPENDENTES	16
3.2.3. VARIÁVEIS DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	16
3.3. PROTOCOLOS	16
3.3.1. PROTOCOLOS DE <i>SPRINT</i>	17
3.3.2. PICO DE TORQUE E TAXA DE PRODUÇÃO DE TORQUE.....	18
3.3.4. COLETA SANGUÍNEA E AVALIAÇÃO DA CREATINA QUINASE	19
3.3.4.1. ARMAZENAMENTO E DESCARTE DE MATERIAL BIOLÓGICO... 19	
3.3.5. ALTURA DE SALTOS	19
3.3.6. ULTRASSONOGRAFIA	20
3.4. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	22
3.4.1. RISCOS E BENEFÍCIOS	22
3.5. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	22
4. RESULTADOS	23
5. DISCUSSÃO	25
6. CRONOGRAMA.....	30
7. REFERÊNCIAS.....	31
8. ANEXO A.....	35

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de *sprint*, caracterizado pela execução de exercícios em máxima velocidade e curta distância (i.e., 5 - 100 metros), acarreta adaptações importantes no rendimento esportivo, tais como o incremento na potência máxima de membros inferiores, velocidade de aceleração e velocidade máxima (ROSS & LEVERITT, 2001; MERO et al., 1992). Em virtude do desenvolvimento destas variáveis físicas, o treinamento de *sprint* é amplamente utilizado em diversas modalidades esportivas em que há demanda de deslocamento em velocidade máxima/submáxima - como futebol, handebol, futsal, basquete, atletismo entre outros - e o bom desempenho na capacidade de *sprint* é fundamental para atuações eficientes e supremacia em momentos de aceleração, desaceleração e troca de direção, os quais são decisivos e ocasionam maior efetivação de escore quando comparados com situações de baixa velocidade e movimentação (COMFORT et al., 2014; KEINER et al., 2014).

O bom desempenho em *sprints* está correlacionado com índices relevantes de força e potência muscular de membros inferiores, havendo uma relação inversa entre o tempo de execução de *sprint* e estas aptidões neuromusculares (BAKER et al., 1999; McBRIDE et al., 2009; WISLOFF et al., 2004). Outrossim, a aplicação de *sprint* implementando troca de direção reproduz demandas das modalidades supramencionadas (KEINER et al., 2014), sobretudo situações de tomada de decisão ao ludibriar o adversário para finalizações e/ou ganho de espaço.

Compreender a influência de diferentes métodos de treinamento de *sprint* sobre a recuperação neuromuscular é fator determinante para se monitorar e otimizar os períodos de intervalo entre as intervenções, aperfeiçoando a organização das sessões de treinamento físico e técnico. Neste viés, é importante conhecer parâmetros de recuperação funcional em resposta a uma sessão de treino de *sprint*, como altura de saltos, contração voluntária máxima, taxa de produção de torque (CADORE et al., 2013) e, no que concerne à recuperação sistêmica e localizada, a análise de variáveis sanguíneas e de imagens do tecido muscular é elementar. Ademais,

associadas ao dano muscular, são reportadas diversas respostas como, por exemplo, o incremento nos níveis de creatina quinase e potássio sanguíneos, dor muscular, desorganização dos sarcômeros, danos no sarcolema, túbulos T e miofibrilas (ROTH et al., 1999; JUEL et al., 2000; ALLEN et al., 2001).

Tem sido demonstrado que o dano muscular decorrente do treinamento físico é fortemente associado a um aumento na intensidade da imagem ultrassonográfica (i.e., *echo intensity*), mensurada através da escala de cinza. Sendo assim, a *echo intensity* é uma medida não invasiva de fácil obtenção e relativamente baixo custo, muito útil no monitoramento da recuperação muscular, já que reflete o nível de dano muscular após o exercício (RADAELLI et al., 2012).

Há considerável aporte na literatura sobre períodos de recuperação após sessões de treinamento excêntrico (CHEN et al., 2011), pliométrico (CADORE et al. 2013) e treinamento de força tradicional (RADAELLI et al., 2012; SOARES et al., 2015). Todavia, somente um estudo do nosso conhecimento (KEANE et al., 2015) reporta a recuperação do dano muscular induzido por sessões de treinamento de *sprint*, em atletas femininas, onde foi investigada a recuperação com a aplicação de 1 série de 15 repetições de 30m em velocidade máxima, observando as respostas (pré, imediatamente após, 24h, 48h e 72h pós exercício) sobre a concentração de creatina quinase plasmática, salto com contramovimento, contração isométrica voluntária máxima de extensão do joelho, dor muscular tardia, tempo de *sprint* em 30m e circunferência do membro. Os níveis de creatina quinase plasmática se mantiveram significativamente elevados nas 24h, 48h e 72h pós-exercício, com o pico em 24h (+ 418%). A altura de salto com contramovimento foi reduzida significativamente imediatamente após, 24h e 48h após a execução dos protocolos. O desempenho de *sprint* foi afetado negativamente imediatamente após, 24h, 48h e 72h pós-exercício. O pico de dor muscular tardia foi reportado em 48h e foi mantida significativamente elevada em 72h após execução do treinamento de *sprint*. A circunferência do membro e contração isométrica voluntária máxima não se alteraram. Contudo, nenhum estudo do nosso conhecimento utilizou imagens ultrassonográficas e análise da intensidade

destas imagens na escala de cinza (i.e., *echo intensity*) para avaliação do dano muscular induzido pelo treinamento de *sprint*.

No que concerne a adaptações ao treinamento de *sprint*, o volume moderado deste método de treino, conforme proposto na corrente investigação, parece promover importantes incrementos na função neuromuscular (i.e., aumento de potência muscular de membros inferiores, melhora da capacidade de aceleração e redução no tempo de *sprint* em 20m e 30m). Neste sentido, o volume moderado no treinamento de *sprint*, o qual demanda tempo total de sessão de aproximadamente 8 minutos, pode ser considerado ferramenta de fácil acesso, com baixa demanda de tempo necessária por sessão e, sobretudo, parece promover importantes adaptações no desempenho esportivo (TAYLOR et al., 2015; HAUGEN et al., 2015; WIEWELHOVE et al., 2015; IAIA et al., 2017). Não obstante, nenhum estudo do nosso conhecimento monitorou o tempo de recuperação em resposta ao volume moderado de treinamento em máxima velocidade em homens atletas universitários. A partir desta lacuna na literatura, o conhecimento do período de recuperação poderá auxiliar os profissionais de educação física atuantes no rendimento esportivo sobre a organização da frequência de treinamento de *sprint* em conciliação com as demais rotinas ao longo de uma temporada.

Ainda, sabe-se que a contração excêntrica induz maiores magnitudes de dano muscular (GONZÁLEZ-IZAL et al., 2014) e, tendo em vista esta característica, a implementação da troca de direção no treino de *sprint* reporta situação com componente excêntrico acentuado em virtude das reiteradas desacelerações e retrata demandas esportivas específicas, além de não haver nenhum estudo do nosso conhecimento comparando o tempo de recuperação entre diferentes protocolos de *sprint* – com e sem troca de direção. Sendo assim, baseando-se na carência de estudos avaliando o dano muscular localizado induzido pelo treinamento de *sprint* utilizando imagem ultrassonográfica (i.e., *echo intensity*), bem como a ausência de estudos avaliando a curva de recuperação funcional, sistêmica e localizada em resposta a protocolos de treino de *sprint* com e sem troca de direção, o presente trabalho tem o objetivo a seguir.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi investigar a curva de recuperação funcional (desempenho), sistêmica (variável sanguínea) e localizada (variável de imagem) induzida por protocolos de treinamento de *sprint* com e sem troca de direção.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre o pico de torque isométrico de extensão do joelho;
- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre a taxa máxima de produção de torque;
- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre a taxa de produção de torque de 0-50ms;
- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre a taxa de produção de torque de 0-100ms;
- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre a taxa de produção de torque de 0-300ms;
- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre o dano muscular localizado induzido através da *echo intensity*;
- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre o dano muscular sistêmico induzido através da concentração de creatina quinase sanguínea;
- Avaliar a resposta de diferentes protocolos de treinamento de *sprint* (com e sem troca de direção) sobre a altura de salto com contramovimento e salto agachado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

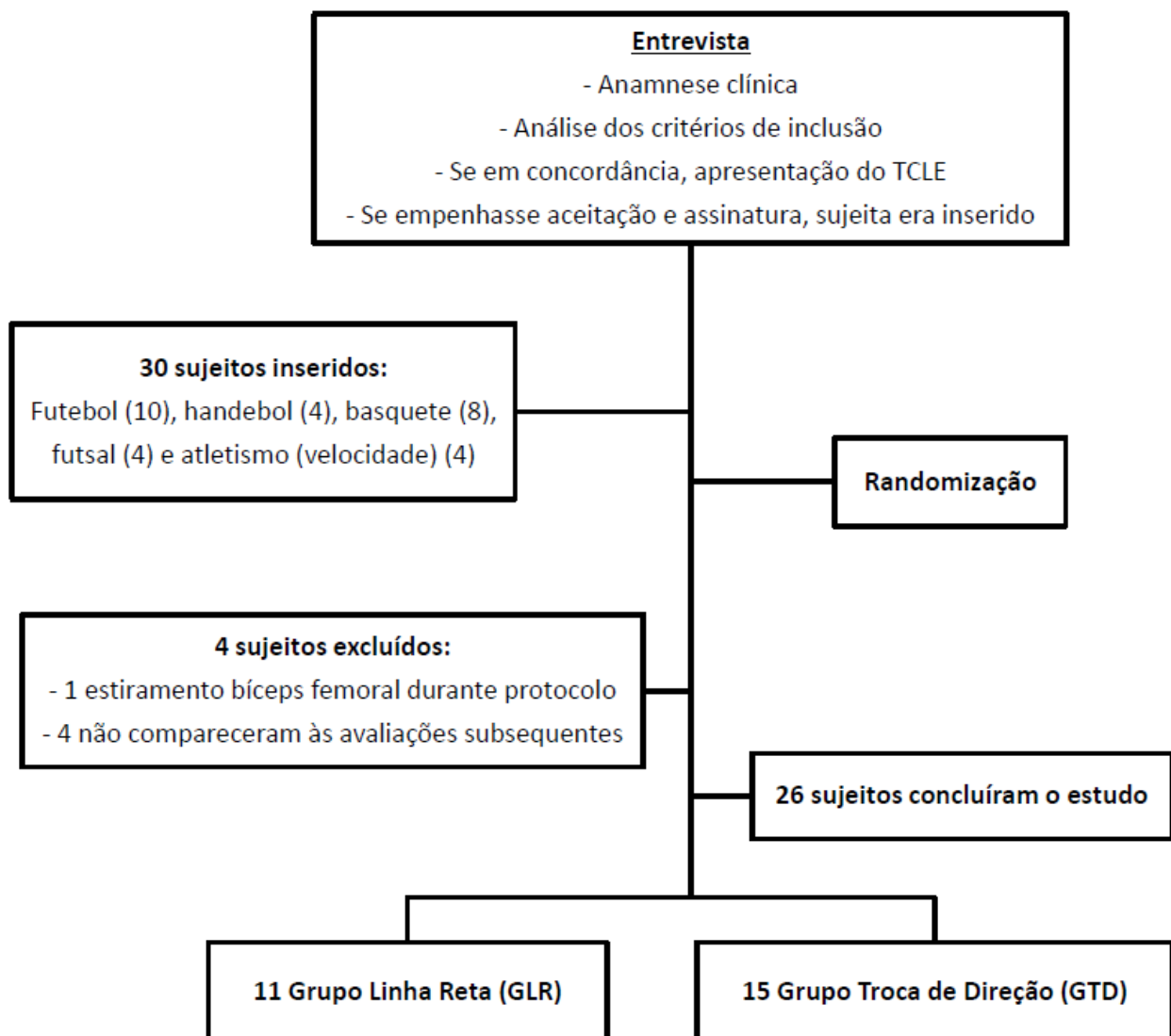
3.1. POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população envolvida foram homens (22.3 ± 3.2 anos; 82.2 ± 10.7 kg; 182.0 ± 7.9 cm), atletas universitários há pelo menos 1 ano, com idade entre 18 e 30 anos e com alto nível de treinamento (frequência semanal de 4 a 7 vezes). Os indivíduos foram selecionados a partir de divulgação e proposta às equipes de esporte universitário das universidades de Porto Alegre. Foram adotados como critérios de inclusão a ausência de doenças neuromusculares, cardiovasculares, pulmonares, metabólicas e uso de qualquer medicamento ou substância com efeito no desempenho atlético. Além disso, seriam excluídos do estudo os indivíduos que apresentarem lesões musculoesqueléticas que pudessem ser agravadas com o estudo, ou mesmo que exercessem influência sobre os resultados. Anamnese clínica foi executada com cada sujeito e, se alguma resposta impôs dúvida sobre a possibilidade de participação, solicitação de avaliação médica foi encaminhada com objetivo de analisar acuradamente os critérios de inclusão e exclusão.

A amostra foi não-probabilística voluntária, constituída por um número de indivíduos calculados através de cálculo amostral, baseado na variabilidade observada em estudos prévios (CHEN et al., 2011; CADORE et al. 2013; GONZÁLEZ-IZAL et al., 2014; RADAELLI et al., 2012; SOARES et al., 2015). As variáveis utilizadas para o cálculo amostral foram o pico de torque isométrico, a taxa máxima de produção de torque, a altura de salto com contramovimento, a *echo intensity* do quadríceps e a creatina quinase plasmática. Optou-se por estes estudos para o cálculo amostral, devido à semelhança com as avaliações que foram realizadas no presente estudo, além de amostra semelhante. O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas com o programa GPOWER versão 3.0.10 para Windows, onde foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90%, e um coeficiente de correlação de 0,9 para as variáveis. Foi adotado para o tamanho amostral o número de maior valor entre as variáveis: 14 em cada grupo. A partir das entrevistas de recrutamento, foram inseridos no presente estudo 30 sujeitos de diferentes modalidades esportivas: Futebol (n=10), handebol (n=4), basquete

(n=8), futsal (n=4) e atletismo (n=4), os quais foram randomizadamente alocados em dois grupos: grupo linha reta (GLR) e grupo troca de direção (GTD). Dentre os 30, quatro foram excluídos das análises: um em virtude de lesão musculoesquelética (estiramento grau 2 do bíceps femoral) durante a execução do protocolo e três por desistência na participação (não comparecimento no restante das avaliações). Portanto, 26 sujeitos concluíram o estudo (GLR n=11; GTD n= 15) e compuseram as análises (FIGURA 1).

Figura 1



3.2. VARIÁVEIS

3.2.1. INDEPENDENTES

- Diferentes protocolos de treinamento de *sprint*, com e sem troca de direção.

3.2.2. DEPENDENTES

- Pico de Torque Isométrico (PT);
- Taxa máxima de produção de Torque (TMPT);
- Taxa de produção de Torque 0-50ms (TPT 0-50);
- Taxa de produção de Torque 0-100ms (TPT 0-100);
- Taxa de produção de Torque 0-300ms (TPT 0-300);
- Concentração de creatina quinase (CK) sanguínea;
- Altura de saltos (salto com contramovimento – CMJ – e salto agachado – SJ);
- *Echo Intensity* (EI) quadríceps e bíceps femoral.

3.2.3. VARIÁVEIS DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

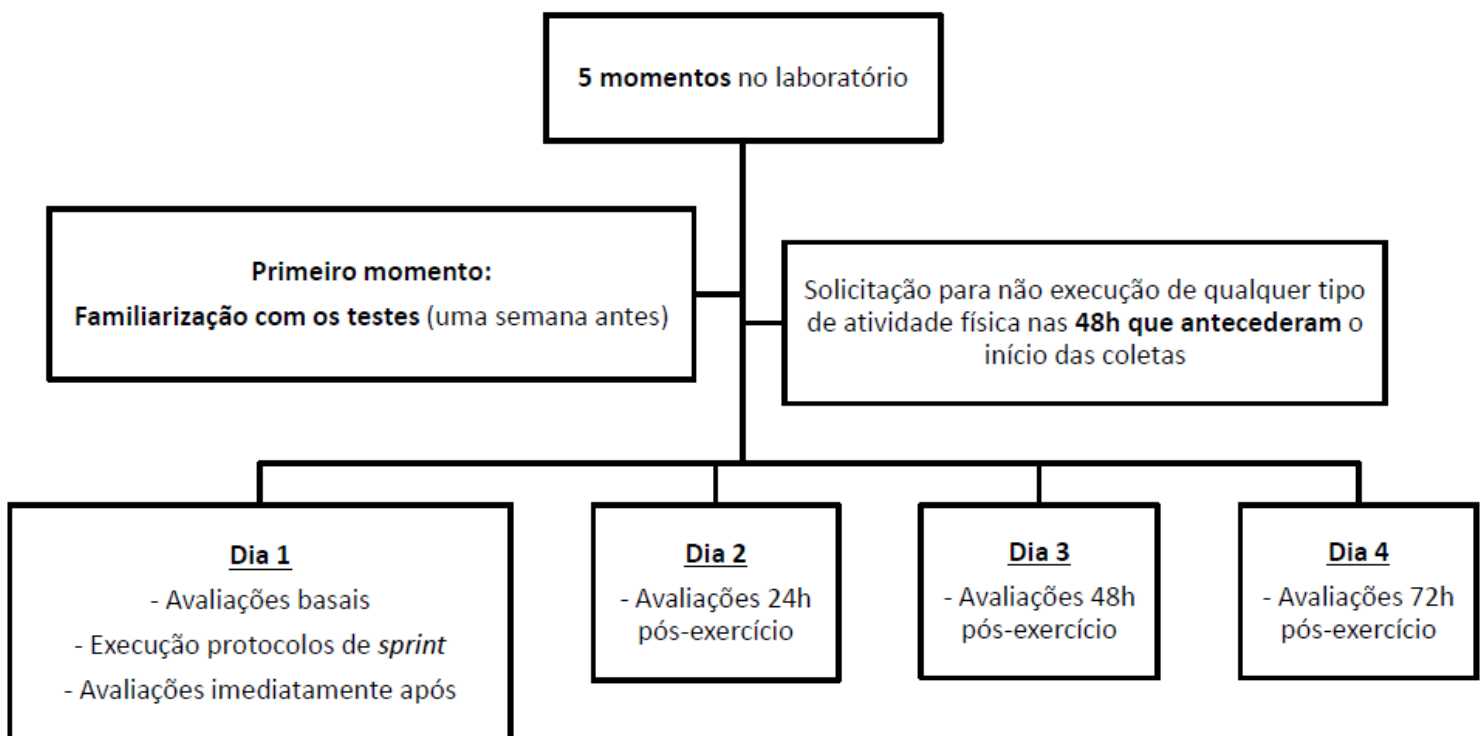
- Massa corporal;
- Estatura;
- Idade.

3.3. PROTOCOLOS

Após a entrevista inicial, os sujeitos compareceram ao laboratório em 5 momentos distintos, sendo o primeiro momento para familiarização com as avaliações. Uma semana após a sessão de familiarização, no primeiro dia de presença no laboratório relacionado às coletas de dados, as quais foram realizadas sempre na mesma ordem, executaram-se coletas de massa e estatura, sanguínea, ultrassom do membro inferior direito (músculos vasto lateral, vasto medial, reto femoral, vasto intermédio e bíceps femoral), altura de saltos e dinamômetro isocinético imediatamente antes da execução dos diferentes protocolos de *sprint* (com e sem troca de direção). A partir disso, os protocolos de *sprint* foram executados e novamente foram realizadas coletas sanguíneas, ultrassom, altura de saltos e dinamômetro isocinético imediatamente após a execução dos protocolos. No segundo dia, sendo 24 horas após a execução do treinamento de *sprint*, as coletas sanguíneas, ultrassom, altura de saltos e dinamômetro isocinético foram novamente

implementadas, ocorrendo repetição deste mesmo procedimento no terceiro (48 horas após) e quarto (72 horas após) dias. Os sujeitos foram notificados sobre a necessidade de utilização do mesmo tênis em todos os dias de avaliações. As coletas foram realizadas no mesmo horário durante os 4 dias de execução. Foi requisitado aos sujeitos que não realizassem atividade física nas 48h que antecederam o início da presente investigação (FIGURA 2).

Figura 2

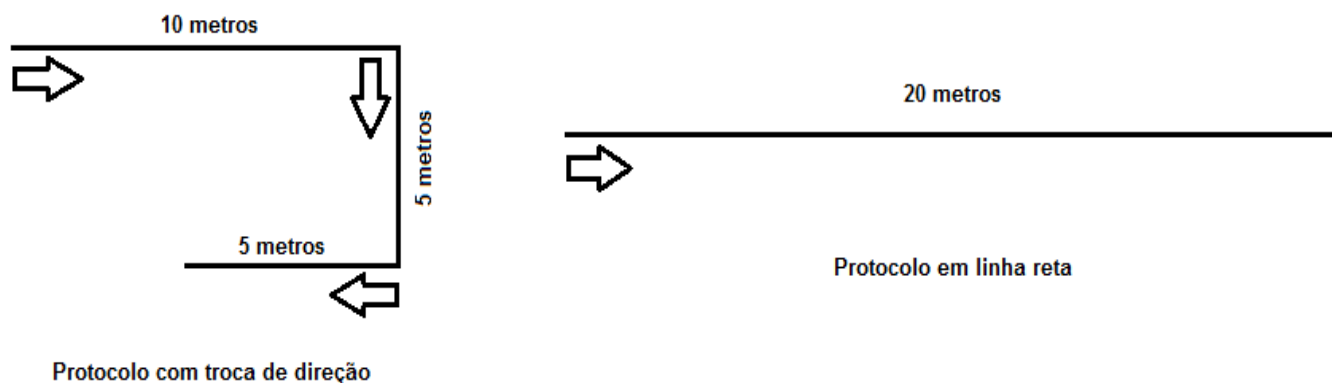


3.3.1. PROTOCOLOS DE *SPRINT*

Cada grupo executou diferentes protocolos de *sprint* com volume moderado, sendo que o grupo GLR executou uma série de 15 repetições de 20m em máxima velocidade em linha reta e o grupo GTD executou o mesmo volume com duas trocas de direção para a direita em cada repetição – percorreram 10 metros, executaram a primeira troca de direção, percorreram mais 5 metros, executaram a segunda troca de direção e percorreram os últimos 5 metros – imprimindo sempre máxima velocidade (FIGURA 3). O intervalo entre cada repetição foi de 20 segundos. O aquecimento foi padronizado, com duração de 5 minutos composto por corrida leve, exercícios

de *sleeping* e deslocamentos laterais. Os protocolos foram executados na quadra poliesportiva (Ginásio 1) do campus olímpico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Encorajamento verbal foi efetivado durante todo o protocolo.

Figura 3



3.3.2. PICO DE TORQUE E TAXA DE PRODUÇÃO DE TORQUE

Para obtenção dos valores de Pico de Torque e Taxa Máxima de Produção de Torque, foi executado protocolo isométrico de extensão de joelho em um dinamômetro isocinético (Cybex Norm, Ronkonkoma, NY), o qual foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. Os sujeitos permaneceram na posição sentada com flexão de quadril de 85° e estabilizados por um cinto sobre cintura e tronco e por um velcro que foi passado em torno da coxa do membro direito. Os procedimentos supracitados foram realizados objetivando aumentar a estabilização e diminuir os movimentos compensatórios de outras articulações. Para mais, o epicôndilo lateral do fêmur foi alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro. O braço mecânico do equipamento foi ajustado para cada sujeito de modo a obter a ótima distância entre o joelho e o braço de alavanca do equipamento. Antes do início dos testes, foi realizada a correção da gravidade a partir do torque produzido pelo segmento. Os indivíduos realizaram o teste apenas com o membro direito. O protocolo de teste isométrico foi composto de três tentativas de contração isométrica voluntária máxima de extensão de joelho no ângulo de 60° com duração de 5 segundos e houve um período de recuperação de 120

segundos entre cada tentativa. Foi dada instrução para executarem a repetição o mais rápido e mais forte possível (SAHALY et al., 2001; MAFFIULETTI et al., 2016). Encorajamento verbal e visual foi implementado durante todo o teste. O maior valor de PT (Nm) isométrico foi utilizado. A Taxa Máxima de Produção de Torque foi considerada o maior valor de torque em relação à variação de tempo, determinada utilizando os *softwares* MATLAB e, posteriormente, Excel. Além da taxa máxima, foram observadas as taxas de produção de torque de 0-50ms, 0-100ms e 0-300ms.

3.3.4. COLETA SANGUÍNEA E AVALIAÇÃO DA CREATINA QUINASE

Os índices plasmáticos de creatina quinase foram mensurados através de 5 ml de sangue coletados da veia antecubital imediatamente antes do exercício, imediatamente após, 24h, 48h e 72h após a execução dos protocolos de *sprint*. As amostras de sangue foram armazenadas em tubos de gelo heparinizados para análise posterior. As amostras de plasma foram extraídas após centrifugação e armazenadas a -70 ° C antes da análise. Foram analisadas amostras duplicadas para o total de creatina quinase usando um kit comercial padrão (Labtest Enzymatic – UV; Minas Gerais, Brasil).

3.3.4.1. ARMAZENAMENTO E DESCARTE DE MATERIAL BIOLÓGICO

Todos os materiais, limpos ou contaminados por resíduo infectante, foram acondicionados em recipientes com tampas, rígidos e resistentes à punctura, ruptura e vazamento. Ao atingir a marca tracejada no recipiente, o mesmo foi fechado e acondicionado em sacos brancos, devidamente lacrados e identificados para posterior transporte por empresa especializada.

3.3.5. ALTURA DE SALTOS

Para mensurar altura de saltos, um tapete eletrônico de contato foi utilizado (Cefise, Jump System Pro, São Paulo, Brasil). A medida de altura de saltos foi indicada por um cálculo de tempo de voo reconhecido e validado em

procedimentos anteriores (BOSCO & RUSKO, 1983) e pelo *software* Jump System 1.0. O maior valor foi selecionado para análise e foi admitida variação de 3% entre os saltos válidos para que fossem computados. Foram dadas 3 tentativas de cada salto para cada sujeito, o intervalo entre as tentativas foi de 10 segundos. Todos os sujeitos foram familiarizados com os protocolos de saltos. No salto agachado, foi dada instrução de iniciar o movimento com o joelho em um ângulo de aproximadamente 90° e para que seja evitado qualquer contramovimento. Durante o salto com contramovimento foi dada instrução para os sujeitos partirem da posição ortostática e efetuarem o contramovimento em esforço máximo no que concerne à velocidade de execução e à força aplicada no solo, executando a transição entre agachar e saltar o mais rápido possível. Ademais, os indivíduos foram orientados a saírem do tapete de contato com o joelho e quadril estendidos e pousarem em uma posição de extensão semelhante, objetivando garantir a validade do teste. Ainda, outras técnicas básicas foram salientadas, como correta postura – coluna ereta e ombros para trás – e alinhamento do corpo durante todo o salto; salto vertical, sem deslocamento para frente/trás ou para os lados; aterrissagem suave, utilizando mobilidade da articulação do tornozelo e auxílio da flexão do joelho, preparação instantânea para o próximo salto e mãos dispostas no quadril durante todo o teste. Esta avaliação ocorreu imediatamente antes, imediatamente após, 24h, 48h e 72h após a execução do treinamento de *sprint* com e sem troca de direção.

3.3.6. ULTRASSONOGRAFIA

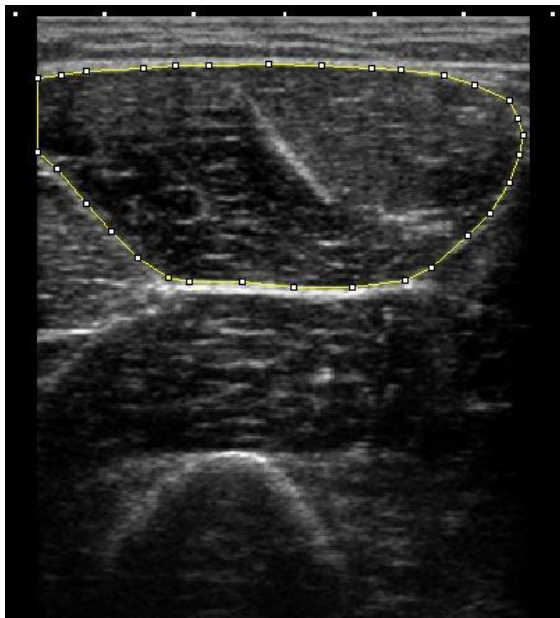
Com o propósito de avaliar a magnitude do dano muscular localizado induzido por diferentes protocolos de *sprint*, foi avaliada *echo intensity* de imagens ultrassonográficas imediatamente antes, imediatamente após, 24h, 48h e 72h após a sessão de treinamento. As imagens foram obtidas utilizando ultrassom em B-modo (Toshiba, Nemio XG, Japão) e os procedimentos para análise destas imagens foram os mesmos adotados por estudos anteriores (RADAELLI et al., 2012; CHEN et al., 2011; GONZÁLEZ-IZAL et al., 2014), utilizando o programa ImageJ (Versão 1.37, National Institutes of Health,

Bethesda, Maryland), selecionando a maior quantidade de área muscular (quadríceps e bíceps femoral) possível descartando-se fáscia e tecido adiposo subcutâneo (FIGURA 4). Os participantes repousaram deitados por 15 minutos visando estabilização dos fluídos corporais (BERGER & TALBOT, 1983; ARROYO et al., 2016). Durante a aquisição das imagens, os sujeitos permaneceram em decúbito dorsal com a perna avaliada em relaxamento. Um transdutor com frequência de amostragem de 7,5MHz foi posicionado de forma perpendicular ao músculo avaliado. Para a aquisição da imagem foi utilizado um gel à base de água, que promove contato acústico sem a necessidade de causar pressão com o transdutor sobre a pele. Para obter-se a maior similaridade possível entre as imagens capturadas, nos aspectos de ângulo e pressão do transdutor, um experiente avaliador conduziu as coletas ultrassonográficas. A *echo intensity* do músculo avaliado foi determinada sobre uma região de 2cm², baseando-se em uma escala de cinza (0= preto; 255= branco).

Figura 4

(a) Músculo reto femoral

(b) Músculo bíceps femoral



3.4. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Os sujeitos ficaram cientes de todos os processos metodológicos do presente projeto, efetivando a leitura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assinando-o em caso concordância integral. Este projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e as coletas de dados só iniciaram mediante aprovação do referido Comitê. Os participantes não tiveram qualquer despesa durante a participação na pesquisa.

3.4.1. RISCOS E BENEFÍCIOS

Os protocolos de exercício poderiam causar algum desconforto imediatamente após e dor muscular tardia nos dias subsequentes à sua realização. Além disso, há possibilidade de algum incômodo com a picada da agulha utilizada para coleta sanguínea. Como benefícios, os indivíduos receberam um laudo com seu desempenho neuromuscular avaliado através das diferentes variáveis, o que foi de grande importância para a prescrição do treinamento físico dentro de suas modalidades esportivas.

3.5. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Foi utilizada estatística descritiva com média e desvio padrão. O teste de normalidade utilizado foi o de Shapiro-Wilk e o de homogeneidade de variância foi o de Levene. Após isso, a comparação dos valores pré e pós exercício (imediatamente, 24, 48 e 72 horas após) foi feita através de Análise de Variância (ANOVA) de duas vias para medidas repetidas [tempo (5) x grupo(2)] O nível de significância $\alpha = 0,05$ foi considerado em todas as análises. Para a execução dos procedimentos estatísticos, foi utilizado o pacote estatístico SPSS versão 17.

4. RESULTADOS

Os dados são apresentados com média \pm desvio padrão. Os dados apresentaram normalidade e homogeneidade de variância entre grupos. Não houve diferenças significantes sobre a idade, massa corporal, estatura e valores basais das variáveis avaliadas (TABELAS 1 e 2). Dados de caracterização da amostra são apresentados na tabela 1. Os resultados referentes às variáveis funcionais, sistêmicas e localizadas são apresentados na tabela 2. Não houve significativo efeito do tempo, bem como interação tempo-grupo ($p>0,05$) no Pico de torque, Taxas de produção de torque, salto agachado, salto com contramovimento, EI do quadríceps e bíceps femoral e creatina quinase sanguínea (TABELA 2).

Tabela 1: características físicas. Média \pm DP.

	Grupo troca de direção (GTD), n=15	Grupo Linha Reta (GLR), n=11
Idade (anos)	22,5 \pm 3,4	22,1 \pm 3,2
Massa corporal (kg)	81,6 \pm 9,8	83,2 \pm 12,2
Estatura (cm)	182,9 \pm 8,5	180,9 \pm 7,3

Tabela 2: dados funcionais, sistêmicos e localizados. Média \pm DP.

Grupo troca de direção (GTD), n=15	Pré			0h			24h			48h			72h		
El quadríceps	38,7	\pm	7,1	43,5	\pm	8,3	38,8	\pm	7,8	41,0	\pm	6,1	39,0	\pm	6,5
El bíceps femoral	46,2	\pm	13,1	49,6	\pm	10,9	47,9	\pm	10,2	47,3	\pm	12,0	48,5	\pm	10,0
TMPT (N.m/s)	285,5	\pm	55,1	275,2	\pm	58,5	282,8	\pm	56,2	266,3	\pm	52,2	281,7	\pm	51,6
TPT 0-50ms (N.m/s)	1270,5	\pm	448,6	1280,0	\pm	406,3	1275,6	\pm	364,4	1146,0	\pm	305,4	1251,9	\pm	413,0
TPT 0-100ms (N.m/s)	1248,4	\pm	394,1	1249,6	\pm	356,1	1227,4	\pm	317,5	1132,1	\pm	286,2	1223,4	\pm	352,1
TPT 0-300ms (N.m/s)	714,1	\pm	166,8	709,3	\pm	167,2	706,3	\pm	155,4	661,9	\pm	143,8	699,4	\pm	145,0
PT (N.m)	315,5	\pm	70,8	301,1	\pm	60,3	309,5	\pm	54,4	292,1	\pm	55,2	305,2	\pm	61,3
CMJ (cm)	39,2	\pm	6,5	39,1	\pm	6,4	39,7	\pm	6,8	39,0	\pm	6,6	39,7	\pm	6,9
SJ (cm)	36,3	\pm	6,9	35,3	\pm	6,0	36,6	\pm	7,0	35,9	\pm	7,0	36,0	\pm	5,8
CK (U/L)	321,8	\pm	268,0	335,0	\pm	289,6	286,4	\pm	140,7	222,8	\pm	98,9	171,2	\pm	63,0
Grupo linha reta (GLR), n=11															
El quadríceps	39,3	\pm	6,6	42,9	\pm	6,8	40,0	\pm	5,1	40,0	\pm	6,2	40,0	\pm	6,3
El bíceps femoral	44,6	\pm	8,4	46,9	\pm	8,3	42,4	\pm	6,5	42,6	\pm	7,8	45,0	\pm	9,3
TMPT (N.m/s)	257,0	\pm	41,7	248,6	\pm	38,3	253,9	\pm	43,7	248,6	\pm	41,7	247,7	\pm	38,5
TPT 0-50ms (N.m/s)	1308,4	\pm	276,4	1315,7	\pm	363,0	1246,8	\pm	271,2	1192,1	\pm	328,7	1120,0	\pm	165,4
TPT 0-100ms (N.m/s)	1263,0	\pm	222,0	1240,0	\pm	229,7	1189,6	\pm	254,2	1143,4	\pm	185,3	1077,4	\pm	143,9
TPT 0-300ms (N.m/s)	645,9	\pm	105,3	630,2	\pm	85,4	631,9	\pm	115,5	601,3	\pm	72,0	593,6	\pm	83,0
PT (N.m)	281,5	\pm	46,6	264,3	\pm	47,7	266,3	\pm	55,4	260,2	\pm	47,7	265,2	\pm	44,4
CMJ (cm)	34,6	\pm	5,7	34,5	\pm	5,8	34,5	\pm	6,4	35,4	\pm	7,0	36,1	\pm	6,2
SJ (cm)	32,4	\pm	5,7	32,9	\pm	5,4	32,8	\pm	5,0	33,0	\pm	5,9	33,1	\pm	5,9
CK (U/L)	491,6	\pm	535,2	583,0	\pm	715,6	476,2	\pm	357,0	348,7	\pm	292,7	281,2	\pm	224,3

El – eco intensidade; TMPT – taxa máxima de produção de torque; TPT – taxa de produção de torque 0-50ms, 0-100ms e 0-300ms;
PT – pico de torque; CMJ – salto com contramovimento; SJ – salto agachado; CK – creatina quinase sanguínea.

5. DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo refere-se ao volume moderado de protocolos de *sprint*, com e sem troca de direção (GTD e GLR), não induzir decréscimos significantes no desempenho neuromuscular, como observado sobre a força máxima (i.e., PT), explosiva (i.e., TPT) e altura de saltos. Ademais, não houve alterações detectáveis nos parâmetros relacionados ao dano muscular, tais como creatina quinase plasmática e EI dos músculos quadríceps e bíceps femoral. Estes resultados sugerem que, para atletas universitários altamente treinados, um volume moderado de protocolos de *sprint* (i.e., 1 x 15 de 20m), independente da aplicação de trocas de direção, não requer longo período de recuperação e pode promover alternância com outros tipos de treinamento esportivos, tais como intervenções técnico/táticas, sem prejuízo neuromuscular.

No que concerne aos parâmetros funcionais, tem sido demonstrado que o treinamento de *sprint* acarreta importantes adaptações neuromusculares, mais especificamente o incremento de potência muscular de membros inferiores, melhora na capacidade de aceleração e redução do tempo em 20m e 30m. Não obstante, o tempo necessário para promover recuperação completa em resposta a uma sessão de treinamento de velocidade não está claramente evidenciado. No corrente trabalho, objetivou-se investigar variáveis funcionais como desempenho de impulsão vertical (i.e., CMJ e SJ), força explosiva (i.e., TPT) e força máxima (i.e., PT), as quais estão fortemente associadas à capacidade de manutenção do desempenho de *sprint* (MERO et al., 1992; ROSS & LEVERITT, 2001; KEANE et al., 2015), significando que estas variáveis podem identificar possível prejuízo neuromuscular induzido pelo estresse durante o protocolo. Em adição, pelo fato de o protocolo com trocas de direção proporcionar maior quantidade de ações excêntricas para redução da aceleração, houve a hipótese de que o GTD apresentaria maiores prejuízos que GLR nos parâmetros avaliados. Porém, o esperado não ocorreu e ambos os grupos apresentaram respostas similares. A partir disso, apesar de haver maior quantidade de desacelerações para GTD comparado com GLR, em protocolos em linha reta há possibilidade de atingir maiores velocidades e, em

consequência, há necessidade de desacelerar maiores velocidades, fato que poderia explicar a igualdade de resultados. Neste viés, Os resultados do corrente estudo apresentam discordância em referência aos identificados por Keane et al. (2015), onde os autores investigaram o tempo de recuperação em resposta a 1 série de 15 repetições de *sprints* em 30m com mulheres atletas universitárias (rugby, netball e futebol). Os pesquisadores observaram alterações significantes em duas variáveis funcionais após o exercício (CMJ e tempo de *sprint* em 30m). Como no presente estudo, Keane et al. (2015) não identificaram decréscimos significantes no PT, sugerindo que, mesmo com maior volume, a máxima força isométrica de extensão de joelho não foi negativamente alterada. Deve-se pontuar importantes diferenças quando se compara o presente estudo e o de Keane et al. (2015), as quais podem explicar os desacordos entre os resultados. Dentre estas diferenças estão o sexo dos participantes de ambos os estudos (i.e., homens no presente trabalho e mulheres no estudo dos autores supracitados), as diferentes modalidades esportivas acessadas e, sobretudo, o volume de protocolos de *sprint* utilizado, haja vista que no corrente estudo foram executados 150 metros a menos no volume total dos protocolos de velocidade. Optou-se por execuções de 20 metros no presente trabalho, pois, no que tange à especificidade das modalidades esportivas que constam, as execuções em máxima velocidade com pouquíssima frequência ultrapassam esta distância e, portanto, promove maior relação com as ações esportivas (BARROS et al., 2007; CARLING et al., 2008).

Nenhum estudo do nosso conhecimento avaliou a EI de imagens ultrassonográficas dos músculos quadríceps e bíceps femoral em resposta a diferentes protocolos de *sprint*. Surpreendentemente, não foram demonstradas alterações significantes na EI em resposta a ambos os protocolos. Têm sido identificados incrementos nesta variável em resposta a contrações excêntricas executadas em condição isocinética (CHEN et al., 2011; CADORE et al., 2014). Chen et al. (2011) observaram aumentos significantes da EI dos isquiotibiais comparados aos extensores do joelho, os quais não demonstraram alterações, respondendo a protocolos excêntricos. No entanto, há dificuldade em comparar os resultados propostos pelo presente estudo com os dos autores

mencionados, tendo em vista a utilização de ações excêntricas puras desempenhadas em equipamentos condicionalmente isocinéticos (CHEN et al., 2011; CADORE et al., 2014), ao passo que, no presente estudo, a EI foi avaliada em resposta a execuções cíclicas, balísticas e multiarticulares (corrida em máxima velocidade). A ausência de alterações nas variáveis morfológicas pode ter se dado em virtude da experiência prévia dos sujeitos, os quais já executavam exercícios em máxima velocidade em suas rotinas de treinamento e jogos. Visando o fato de que o presente estudo foi o primeiro a investigar a EI em resposta a protocolos de *sprint* com e sem trocas de direção, ainda é preciso elucidar o volume exato necessário para a promoção de dano muscular induzido por este método de treinamento avaliado por EI em atletas do mesmo padrão. Futuros estudos investigando diferentes volumes, distâncias de execução e recuperações entre repetições e séries são necessários para identificar-se dano muscular induzido pelo treinamento de *sprint*.

No presente trabalho, a concentração de CK sanguínea apresentou inclusive valores menores que os basais nas 72h pós-exercício. Em contraste, o trabalho pioneiro de Keane et al. (2015) observou aumento significativo 24h, 48h e 72h (pico em 24h) após execuções de *sprint* em linha reta (mulheres atletas universitárias). Uma possível explicação para a ausência de alteração e até mesmo uma redução nas 72h se dá no nível de treinamento dos atletas participantes do presente estudo (4 a 7 vezes na semana, incluindo exercícios de força, potência e sessões técnico/táticas) e suas modalidades esportivas, as quais exercícios de potência em alta intensidade são requisitados. Embora tenha sido solicitada plena inatividade nas 48h antecessoras ao início das coletas, não foram monitorados volume e intensidade das sessões de treinamento da semana anterior. Portanto, o protocolo de treinamento proposto e a posterior inatividade de 0 a 72h podem ter induzido quadro de maior recuperação fisiológica quando comparado ao momento basal, no qual houve relevante carga de treinamento na semana que o antecedeu. Considerando os resultados referentes à CK e à EI, deve-se pontuar que o volume moderado de *sprint* proposto (i.e., 300 metros) pode ser executado durante um programa de treinamento de atletas sem gerar dano muscular detectável. Porém, é importante frisar que o comportamento fisiológico observado em uma condição

de 48h inativas antecedentes à execução dos protocolos de velocidade máxima pode não ser o mesmo quando comparado a execuções após jogos ou sessões de treinamento de alta intensidade.

Há algumas limitações no presente trabalho. Não foram acessados os tempos de *sprint* durante cada tempo (pré, 0h, 24h, 48h e 72h pós-exercício). Todavia, com objetivo de isolar e controlar a recuperação da única sessão de treinamento implementada, além das sessões de coletas de dados já envolverem execuções de saltos verticais máximos e força máxima de extensão de joelho, a não implementação da avaliação do tempo de *sprint* foi uma opção buscando evitar o estresse mecânico promovido pela corrida em máxima velocidade durante as 72h pós-exercício. Outrossim, não foi acessada a queda na velocidade e possível aumento no tempo de execução durante as repetições de *sprint*, o que poderia auxiliar na identificação da magnitude da fadiga instaurada e da dispersão de potência durante o protocolo proposto, podendo repercutir na prescrição deste tipo de treinamento. É importante mencionar que estudos longitudinais recentes, bem como trabalhos de revisão, têm investigado o efeito do treinamento de *sprint* sobre importantes parâmetros da função neuromuscular em atletas (TAYLOR et al., 2015; HAUGEN et al., 2015; WIEWELHOVE et al., 2015; IAIA et al., 2017). Há diferentes volumes propostos envolvendo este método de treino e, o volume abordado no presente estudo, a partir do identificado na literatura, pode ser considerado volume moderado. Uma meta-análise de Taylor et al. (2015) mapeou 13 estudos experimentais os quais observaram o efeito do treinamento de velocidade em atletas de diferentes modalidades e com diferentes protocolos de treino (variando repetições de 10m a 50m, 14 a 60 segundos de recuperação entre cada repetição, de 1 a 8 séries, 3 a 15 repetições e de 4 a 12 semanas de intervenção). Os trabalhos identificados com volume moderado igual ou semelhante ao proposto no presente estudo apresentaram efeitos significativos na altura de salto (CMJ) e tempo de *sprint* em 20m e 30m.

Em resumo, volume moderado de treinamento de *sprint* com e sem trocas de direção não induziu decréscimos na força máxima, taxa de produção de torque e altura de salto em até 72h. Para mais, ambos os protocolos não

promoveram dano muscular detectável através da EI dos músculos quadríceps e bíceps femoral, bem como por meio da concentração de creatina quinase sanguínea. Portanto, levando em consideração os desfechos funcionais, sistêmicos e localizados, protocolos de *sprint* compostos por uma série de 15 repetições de 20 metros, com ou sem trocas de direção, não induziram atenuação dos parâmetros neuromusculares avaliados, bem como dano muscular detectável. O presente estudo preenche lacuna importante no que concerne ao monitoramento da recuperação de atletas de diferentes modalidades esportivas, pois, apesar de amplamente utilizado, a recuperação após sessões de treinamento de *sprint* tem sido muito pouco investigada e, neste sentido, os achados do presente trabalho possuem relevância prática interessante ao qualificar a capacidade de prescrição dos profissionais de educação física para com este método de treinamento.

6. CRONOGRAMA

ANO 1

Cronograma 2016

Atividades Programadas	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Submissão ao Comitê de Ética	X	X	X									
Recrutamento da amostra				X	X							
Coletas de dados				X	X	X	X					
Análise dos resultados								X	X	X		
Discussão dos resultados										X	X	X

7. REFERÊNCIAS

1. Mero A, Komi PV, Gregor RJ. Biomechanics of Sprint Running: A Review. *Sports Medicine* 13 (6): 376-392, 1992.
2. Ross A & Leveritt M. Long-Term Metabolic and Skeletal Muscle Adaptations to Short-Sprint Training Implications for Sprint Training and Tapering. *Sports Med*; 31 (15): 1063-1082, 2001
3. Keane K, Salicki R, Goodall S, Thomas K, Howatson G. The muscle damage response in female collegiate athletes following repeated sprint activity. *J Strength Cond Res*. Oct;29(10):2802-7, 2015.
4. Comfort P, Stewart A, Bloom L, Clarkson B. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*. Jan;28(1):173-7, 2014.
5. Keiner M, Sander A, Wirth K, Schmidbleicher D. Long-term strength training effects on change-of-direction sprint performance. *J Strength Cond Res*. Jan;28(1):223-31, 2014.
6. Baker, D and Nance, S. The relationship between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *J Strength Cond Res* 13: 230–235, 1999.
7. McBride, JM, Blow, D, Kirby, TJ, Haines, TL, Dayne, AM, and Triplett, NT. Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *J Strength Cond Res* 23: 1633–1636, 2009.
8. Wisloff, U, Castagna, C, Helgerud, J, Jones, R, and Hoff, J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38: 285–288, 2004.
9. Cadore EL, Pinheiro E, Izquierdo M, Correa CS, Radaelli R, Martins JB, Lhullier FL, Laitano O, Cardoso M, Pinto RS. Neuromuscular, hormonal, and metabolic responses to different plyometric training volumes in rugby players. *J Strength Cond Res*. Nov;27(11):3001-10, 2013.
10. Roth SM, Martel GF, Ivey FM, Lemmer JT, Tracy BL, Hurlbut DE, Metter EJ, Hurley BF, and Rogers MA. Ultrastructural muscle damage in young vs. older men after high-volume, heavyresistance strength training. *J Appl Physiol* 86: 1833-1840, 1999.
11. Juel C, Pilegaard H, Nielsen JJ, and Bangsbo J. Interstitial K(+) in human skeletal muscle during and after dynamic graded exercise determined

by microdialysis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 278: R400-406, 2000.

12. Allen DG. Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. *Acta Physiol Scand* 171: 311-319, 2001.

13. Radaelli R, Bottaro M, Wilhelm EN, Wagner DR, Pinto RS. Time course of strength and echo intensity recovery after resistance exercise in women. *J Strength Cond Res*. Sep;26(9):2577-84, 2012.

14. Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *Eur J Appl Physiol*. Feb;111(2):211-23, 2011.

15. Soares S, Ferreira-Junior JB, Pereira MC, Cleto VA, Castanheira RP, Cadore E, Brown LE, Gentil P, Bembem MG, Bottaro M. Dissociated time course of muscle damage recovery between single and multi-joint exercises in highly resistance trained men. Sep;29(9):2594-9, 2015.

16. Gonzalez-Izal M, Cadore EL, Izquierdo M. Muscle conduction velocity, surface electromyography variables, and echo intensity during concentric and eccentric fatigue. *Muscle Nerve*. Mar;49(3):389-97, 2014.

17. Bosco C, Rusko H. The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiol Scand*. Nov;119(3):219-24, 1983.

18. Taylor J, Macpherson T, Spears I, Weston M. The Effects of Repeated-Sprint Training on Field-Based Fitness Measures: A Meta-Analysis of Controlled and Non-Controlled Trials. *Sports Med*. Jun;45(6):881-91, 2015.

19. Haugen T, Tønnessen E, Øksenholt Ø, Haugen FL, Paulsen G, Enoksen E, Seiler S. Sprint Conditioning of Junior Soccer Players: Effects of Training Intensity and Technique Supervision. *PLoS ONE*. Feb; 10(3): e0121827, 2015.

20. Wiewelhove T, Raeder C, Meyer T, Kellmann M, Pfeiffer M, Ferrauti A. Markers for Routine Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Team Sport Athletes during High-Intensity Interval Training. *PLoS ONE*. Oct;10(10): e0139801, 2015.

21. Iaia FM, Fiorenza M, Larghi L, Alberti G, Millet GP, Girard O. Short- or long-rest intervals during repeated-sprint training in soccer? *PLoS ONE*. Feb;12(2): e0171462, 2015.

22. Carling C, Bloomfield J, Nelsen L, Reilly T. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med*. 38: 839–862, 2008.

23. Barros RML, Misuta MS, Menezes RP, Figueroa PJ, Moura FA, Cunha SA, Anido R, Leite NJ. Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Sci and Med*. Jun 6, 233-242, 2007.
24. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sanchez-Medina L, Sanchis-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, Yáñez-García JM, Morales-Alamo D, Perez-Suarez I, Calbet JAL,4, Gonzalez-Badillo JJ. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports*. Feb; doi: 10.1111/sms.12678, 2016.
25. Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, French DN, Eslava J, Altadill A, Asiain X, Gorostiaga EM. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*. Jan;100:1647-1656, 2006.
26. De Villarreal ESS, González-badillo JJ, Izquierdo M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *Journal of Strength and Conditioning Research*. May;22(3)/715–725, 2008.
27. Aagaard, P, Simonsen, EB, Andersen, JL, Magnusson, P, and Dyhre-Poulsen, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 93: 1318–1326, 2002.
28. Wilhelm EN, Rech A, Minozzo F, Radaelli R, Botton CE, Pinto RS. Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. *Age (Dordr)*;36: 9625, 2014.
29. Rech A, Radaelli R, Goltz FR, da Rosa LH, Schneider CD, Pinto RS. Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. *Age (Dordr)*;36:9708, 2014.
30. Cadore EL, González-Izal M, Pallarés JG, Rodríguez-Falces J, Häkkinen K, Kraemer WJ, Pinto RS, Izquierdo M. Muscle conduction velocity, strength, neural activity, and morphological changes after eccentric and concentric training. *Scand J Med Sci Sports* 24: e343–e352, 2014.
31. Sahaly R, Vandewalle H, Driss T, Monod H. Maximal voluntary force and rate of force development in humans - importance of instruction. *Eur J Appl Physiol* Aug;85(3-4):345-50, 2001.

32. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol* Jun;116(6):1091-116, 2016.
33. Berger SA & Talbot L. Flow in curved pipes. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 15, 461–512, 1983.
34. Arroyo E, Stout JR, Beyer KS1, Church DD, Varanoske AN, Fukuda DH, Hoffman JR. Effects of supine rest duration on ultrasound measures of the vastus lateralis. *Clin Physiol Funct Imaging*;Dec 16. doi: 10.1111, 2016.

ANEXO A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu entendo que participarei como sujeito do estudo intitulado “CURVA DE RECUPERAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL”, que envolverá a avaliação do torque muscular isométrico, dos níveis de creatina quinase plasmática (coleta sanguínea), da altura de saltos e da EI de imagens obtidas por ultrassonografia da musculatura da coxa. Estou ciente que todos esses testes foram realizados imediatamente antes, imediatamente após, 24h, 48h e 72h pós realização de diferentes protocolos de treinamento de velocidade. Os testes que realizarei são parte deste estudo e terão a finalidade de avaliar os efeitos de diferentes protocolos de treinamento de velocidade sobre a curva de recuperação funcional (desempenho) e estrutural (dano muscular avaliado de forma sistêmica e localizada).

Eu, por meio desta, autorizo Rafael Grazioli, Eduardo Lusa Cadore e bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os seguintes procedimentos:

1. Aplicar-me uma sessão de treinamento de velocidade de 1 série de 15 repetições de 20m com ou sem troca de direção, na presença de profissionais de Educação Física habilitados para a orientação da sessão de treinamento;
2. Aplicar-me testes de torque muscular isométrico, envolvendo grupos musculares das pernas imediatamente antes, imediatamente após, 24h, 48 e 72h pós execução dos protocolos;

3. Mensurar EI das imagens dos músculos da coxa, através de ultrassonografia;
4. Coletar sangue do meu braço, com o objetivo de mensurar os níveis de creatina quinase sanguínea;

Testes de torque muscular isométrico:

Entendo que os protocolos de exercício podem causar algum desconforto imediatamente após e dor muscular tardia nos dias subsequentes à sua realização. Além disso, entendo que seja possível que eu sinta algum incômodo com a picada da agulha utilizada para coleta sanguínea. Como benefícios, entendo que receberei um laudo com meu desempenho neuromuscular avaliado através das diferentes variáveis, além de um laudo de composição corporal, o que foi de grande valia para a prescrição do meu treinamento físico dentro de minha modalidade esportiva.

Procedimentos de testes:

- a. Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim por Rafael Grazioli, Eduardo Lusa Cadore e outros bolsista selecionados;
- b. Rafael Grazioli, Eduardo Lusa Cadore e seus bolsistas selecionados irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;
- c. Todos os dados relativos à minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo

que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa. Ainda, o tempo de guarda dos dados coletados foi, no mínimo, durante 5 anos;

- d. Não haverá compensação financeira pela minha participação neste estudo, assim como não terei qualquer despesa, inclusive de transporte, na minha participação na pesquisa;
- e. Poderei fazer contato com o autor do estudo, Rafael Grazioli, e com o coordenador do estudo, Professor Doutor Eduardo Lusa Cadore, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através dos telefones (051) 3308-5862, (051) 91193651 ou (051) 84223152. Além disso, posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo telefone (051) 3308-3738;
- f. Durante a investigação, a qualquer instante durante os testes, eu tenho o direito de me recusar a prosseguir com os mesmos;
- g. Todos os procedimentos a que serei submetido foram conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia em todos os procedimentos;
- h. Estou ciente de que não haverá um médico presente em todos os treinos, mas minha participação no estudo estará condicionada a liberação médica, ocorrida antes do início do estudo.

Porto Alegre _____ de _____ de 2016.

Nome em letra de forma:

Pesquisador responsável: Eduardo Lusa Cadore
